



فصلنامه زمین ساخت
بهار ۱۳۹۸، سال سوم، شماره ۹

مقایسه تراکم شکستگی‌های سطحی و عمقی در میدان مطالعه میدان نفتی بی بی حکیمه با استفاده از سنجش از دور و داده‌های FMI

میرحامد میرلوی موسوی*^۱، بهزاد زمانی قره چمنی^۲، فاطمه مصباحی^۳، علی کدخدایی^۴، حسین علیزاده^۵

- ۱- کارشناس ارشد، گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، ایران.
- ۲- دانشیار، گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، ایران.
- ۳- استادیار، گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، ایران.
- ۴- دانشیار، گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز/گروه مهندسی نفت دانشگاه کورتین استرالیا.
- ۵- کارشناس ارشد، شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، اهواز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۲۵



چکیده

مطالعه سیستم شکستگی‌ها و نحوه گسترش مکانی آن‌ها، می‌تواند به توسعه میدان نفتی، کاهش هزینه‌های اکتشاف و درک کلی از سیستم مخزن هیدروکربونی، کمک قابل توجهی نماید. در این مطالعه با استفاده از ابزارهای مختلف همچون تصاویر ماهواره‌ای لندست-OLI-8، تکنیک‌های سنجش از دور، نرم‌افزار ژئوماتیکا و راکورک، کمک گرفته شده تا نقشه خطواره‌های ساختاری زمین‌شناسی میدان نفتی بی بی حکیمه (شکستگی‌های سطحی میدان در سازند آغاچاری) تهیه شده و با داده‌های حاصل از لاگ‌های FMI (در سازند آسماری) مورد مقایسه قرار گیرد. در میدان بی بی حکیمه براساس نمودار دایره‌ای درصد فراوانی، شکستگی‌های برشی (SOI) و شکستگی‌های موازی سطح محوری (SX) از بیشترین درصد برخوردارند. براساس نقشه چگالی بدست آمده بیشترین تراکم خطواره‌ای در کمربند میانی چین از شرق تا غرب بموازات و در مجاورت محور چین دیده می‌شود و مرتبط با درزه‌های کششی در محور هستند. چاه‌های استخراجی میدان نفتی بی بی حکیمه، اغلب در مناطق دارای بیشترین تراکم شکستگی قرار دارند. مقایسه نتایج حاصل از روند شکستگی‌های ۴ لاگ FMI مربوط به میدان نفتی بی بی حکیمه با نتایج حاصل از مطالعات ساختاری در این پژوهش نشان می‌دهد که روند شکستگی‌های داده‌های FMI در بخش شرقی با نتایج بدست آمده از نتایج سنجش از دور مطابقت کامل را نشان می‌دهد، بنابراین پیشنهاد می‌شود مطالعاتی جهت توسعه چاه‌های استخراجی و نیز مکان‌یابی برای حفر چاه‌های اکتشافی جدید در بخش شرقی و در بخش‌های با تراکم شکستگی بالای حاصل از این پژوهش صورت گیرد.

کلید واژه‌ها: شکستگی، سنجش از دور، FMI، میدان نفتی- بی بی حکیمه



۱- مقدمه

کمر بند چین خورده - رانده زاگرس (شکل ۱) به عنوان بخشی از کوهزاد آلپ - هیمالیا، از کوه‌های تاروس در جنوب شرقی ترکیه آغاز شده و تا گسل میناب در نزدیکی تنگه هرمز به طول ۱۶۰۰ کیلومتر ادامه دارد (Bahroudi & Koyi, 2004). این کمر بند کوهزایی را از دیدگاه زمین ساخت ورقه‌ای به عنوان لبه فعال شمال شرقی سپر عربستان در نظر می‌گیرند (Berberian & King, 1981) و به سبب داشتن میداین هیدرو کربنی عظیم، یکی از غنی‌ترین کمر بندهای نفت خیز جهان بشمار می‌رود (Alavi, 2004).

باتوجه به اینکه قسمت اعظم میداین نفتی و گازی ایران در کمر بند زاگرس چین خورده قرار دارد شکستگی‌ها تأثیر مهمی در تولید بالای این هیدرو کربن‌ها در مخازن کربناته جنوب غربی ایران دارند (McQuillan, 1968). بنابراین شناسایی و تحلیل خطواره‌های ساختاری و مطالعه سیستم شکستگی‌ها می‌تواند به طرح توسعه میدان‌های نفتی، تعیین محل‌های مناسب جهت احداث چاه‌های اکتشافی، افزایش طول عمر و بهره‌دهی مناسب مخازن هیدرو کربنی، کاهش هزینه‌های پی‌جویی و درک سه بعدی ما از سیستم شکستگی‌ها در میداین نفتی کمک قابل توجهی نماید. تحلیل و به نقشه در آوردن ویژگی‌های خطواره‌های ساختاری براساس داده‌های گسترده از منابع اطلاعات علوم زمین شامل داده‌های زمین شناسی، نقشه‌های توپوگرافی، مدل‌های رقومی ارتفاع، داده‌های رادار و متداول‌ترین آن‌ها که تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی است، انجام می‌شود (Kocal & Duzgun, 2005). اطلاعات ماهواره‌ای استفاده شده در این پژوهش تصاویر ماهواره‌ای Landsat هستند که در این پژوهش از داده‌های Landsat8-OLI استفاده شده است. هدف از این پژوهش تلفیق داده‌های زمین شناسی و تصاویر ماهواره‌ای به منظور شناسایی و تحلیل خطواره‌های ساختاری، شکستگی‌ها در میدان نفتی بی‌بی حکیمه، در زاگرس (جنوب غربی ایران) می‌باشد.

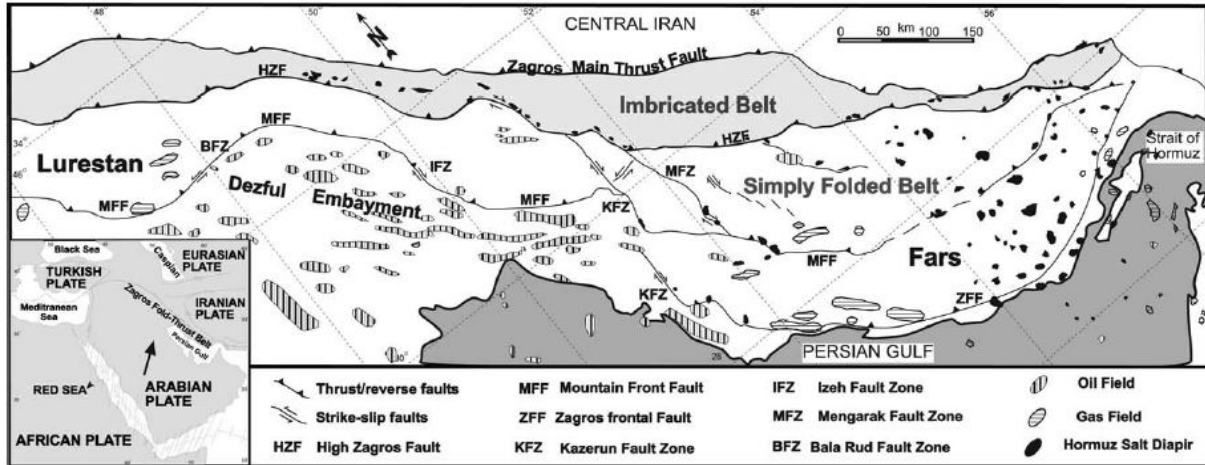
۲- ویژگی‌های زمین شناسی ساختاری محدوده مورد مطالعه در کمر بند کوهزایی زاگرس

۱-۲- زمین ساخت زاگرس

رشته کوه‌های زاگرس در جبهه برخورد صفحه عربستان با صفحه ایران قرار دارد در نتیجه ساختارهای فشاری پیچیده تری نسبت به سایر مناطق کشور در این ناحیه شکل گرفته است (Alavi, 1994; Berberian, 1995). دنباله جنوب شرقی زون زاگرس توسط گسل ترادیس درون قاره‌ای میناب (گسل زندان) از حوضه مکران جدا می‌شود، ولی به سمت شمال غرب، زاگرس را می‌توان تا بلندی‌های شرق عراق و جنوب شرق ترکیه دنبال کرد. تکامل کمر بند چین خورده - رانده زاگرس در ارتباط با سه رخداد زمین ساخت مهم به وجود آمده است: ۱- فرورانش صفحه اقیانوسی نئوتتیس به زیر صفحه لیتوسفری ایران در زمان کرتاسه پیشین تا پسین ۲ - فرارانش قطعاتی از اقیانوس نئوتتیس (افیولیت‌ها) بر روی حاشیه غیرفعال قاره‌ای آفریقا - عربی در انتهای کرتاسه (تورتونین تا کامپانین). ۳- برخورد صفحه عربی - آفریقایی به ایران. اغلب محققان نیز سن برخورد را از اواخر دوره کرتاسه به پلیوسن، بین ۲۰ تا حدود ۳۵ میلیون سال را بیان کرده‌اند که برخی از این منابع به شرح زیر می‌باشد:

(Alavi, 2004; 2007)؛ (McQuarrie et al., 2003)؛ (Jolivet et al., 2000)؛ (Allen and Faccenna., 2000)؛ (Agard et al., 2005)؛ (Horton et al., 2008)؛ (Fakhari et al., 2008)؛ (Armstrong, 2008)؛ (Ballato et al., 2011).

همچنین سن این برخورد با توجه به مطالعات انجام شده توسط McQuarrie et al., 2013، حدود ۲۷ میلیون سال برآورد شده است. حوادث مذکور باعث شکل‌گیری تدریجی ریختار کنونی زاگرس گردیده است. در بررسی زمین ریخت شناسی زاگرس از شمال خاور به جنوب باختر، این پهنه شامل زاگرس مرتفع (زاگرس داخلی یا رورانده)، زاگرس چین خورده (بیرونی) و دشت خوزستان می‌باشد (Stocklin, 1968).

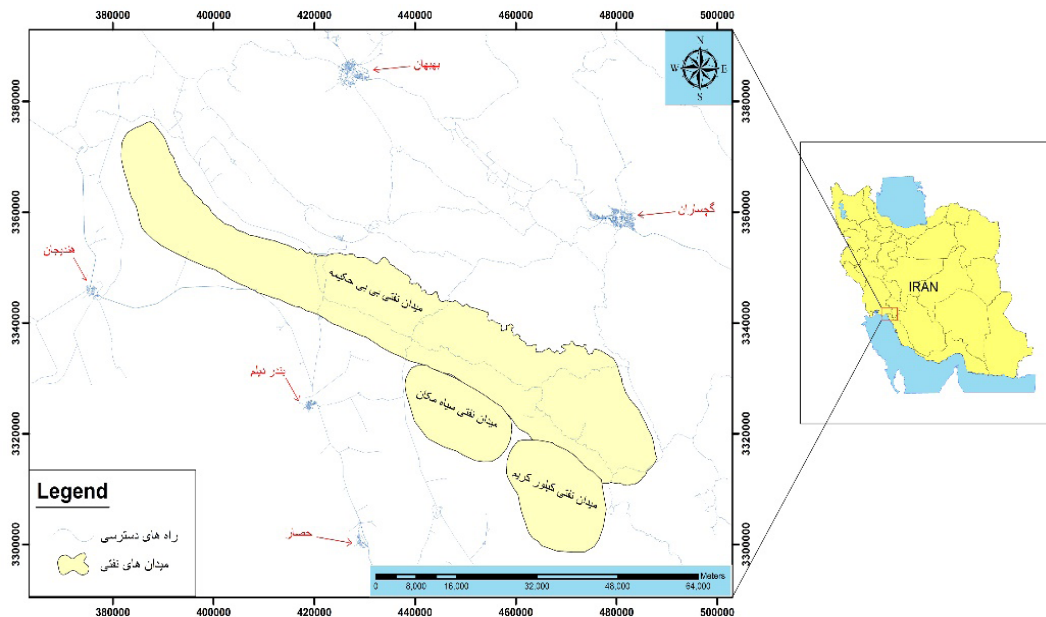


شکل ۱. موقعیت ساختاری کمربند چین خورده - رانده زاگرس (sepehr & cosgrove, 2004).

۲-۲- ویژگی‌های زمین‌شناسی ساختاری میدان نفتی بی‌بی حکیمه

است که مخزن خامی آن از سازندهای فهلیان، گدوان و داریان تشکیل شده است. سازندهای رسوبی حفاری شده در میدان نفتی بی‌بی حکیمه مربوط به دو سیستم مزوزوئیک و سنوزوئیک هستند که در سیستم سنوزوئیک سازندهای آسماری، آغاچاری، میشان، گچساران، و در سیستم مزوزوئیک سازندگورپی و سازندهای مربوط به گروه خامی و بنگستان نهشته شده است (مطیعی، ۱۳۷۲). رخنمون سطحی تاقدیس بی‌بی حکیمه، شامل سازندهای بختیاری، آغاچاری و میشان می‌باشد. در ساختمان بی‌بی حکیمه، سازند آسماری مخزن اصلی و سروک دومین مخزن این میدان می‌باشد (مطیعی، ۱۳۷۵).

میدان نفتی بی‌بی حکیمه با طول ۷۰ کیلومتر و عرض ۵ کیلومتر، در زون چین خورده زاگرس در ناحیه جنوب غربی ایران، در فاصله ۲۱۰ کیلومتری جنوب شرقی اهواز و در جنوب میدان نفتی گچساران مستقر می‌باشد و یکی از جوان‌ترین تاقدیس‌های کشیده و نامتقارن کمربند چین خورده زاگرس محسوب می‌شود. این میدان نفتی از نظر جغرافیایی در مختصات ۳۰ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی واقع شده است (شکل ۲). این میدان دارای مخازن آسماری، بنگستان و خامی



شکل ۲. موقعیت میدان نفتی بی‌بی حکیمه و راه‌های دسترسی به آن در فرو افتادگی دزفول جنوبی، ناحیه زاگرس، ایران.



۳- روش کار

۳-۱- سنجش ازدور

زاویه حاده نسبت به محور اصلی چین قرار دارند حالت متقارن دارند که می‌توانند در یک زمان (به صورت مزدوج) و تحت تأثیر تنش مشابه در قالب یک مجموعه و یا مجزا از هم و تحت تأثیر تنش‌های غیر مشابه تشکیل شده باشند.

۳-۳- مراحل کار

پردازش و بارزسازی تصویر به معنای استفاده از تکنیک‌هایی است که با کمک آن‌ها می‌توان ارزش درجات روشنایی پیکسل‌های تصویر را به گونه‌ای تغییر داد که باعث افزایش مغایرت موجود در تصویر شده و مفسر بتواند با سهولت بیشتری اطلاعات مورد نیاز خود را از تصویر استخراج کند (طاهرکیا، ۱۳۷۵). در پژوهش حاضر، عمده‌ترین تکنیک‌های پردازش نرم‌افزاری با نرم‌افزار ENVI 5.1، در قالب دو بخش صورت گرفته است. بخش اول شامل پردازش‌هایی است که در نتیجه آن افزایش قدرت طیفی و مکانی تصویر حاصل می‌شود و شامل مراحل زیر می‌باشد:

- ۱- تصحیحات هندسی و مکانی بر روی تصویر، ۲- افزایش دید بصری از طریق ایجاد یک تصویر رنگی واحد (RGB) (شکل ۳)،
- ۳- بهبود کیفیت طیفی با تصحیح اتمسفری (روش FLAASH)،
- ۴- تکنیک ترکیب داده‌ها به منظور افزایش قدرت مکانی کل تصویر (روش IMAGE SHARP). بخش دوم شامل پردازش‌ها و استفاده از الگوریتم‌هایی است که فیلترگذاری نام دارند و برای بارزسازی آثار گسلش - شکستگی در تصاویر ماهواره‌ای صورت می‌گیرد که منجر به آماده‌سازی تصویر برای شناسایی و استخراج خطواره‌های تکتونیکی (گسل‌ها و شکستگی‌ها) می‌شود. در این پژوهش از دو روش نیمه اتوماتیک و اتوماتیک جهت استخراج خطواره‌ها استفاده شده است که مراحل اجرای آن در ادامه شرح داده شده است. به منظور بدست آوردن بهترین ترکیب‌های رنگی، فاکتور شاخص بهینه (OIF) برای تصویر ماهواره‌ای محدوده مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار ILWIS 3.4 محاسبه شده که نتایج آن در جدول (۱) نمایش داده شده است. با توجه به نتایج بدست آمده از ترکیب باندها ۶-۵-۱ استفاده شده است (شکل ۴).

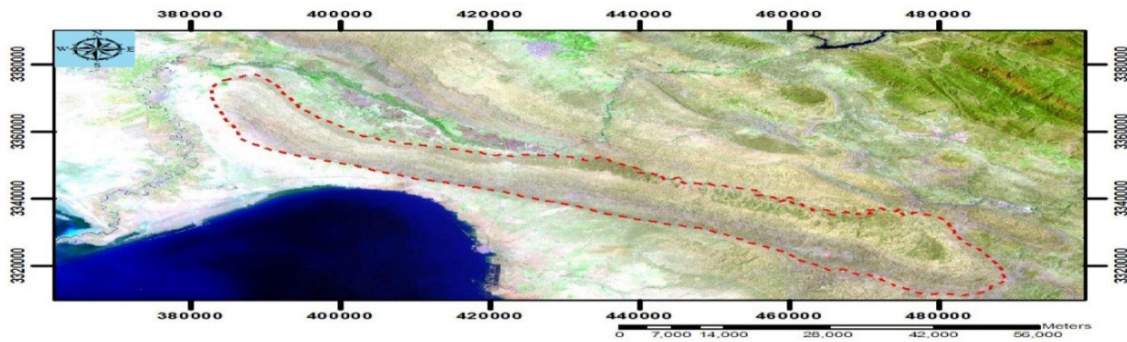
در این پروژه برای استخراج خطواره‌های ساختاری از تصاویر لندست OLI-8 (مشخصات مداری تصویر: مدار تصویربرداری ۱۶۸-۰۳۹ مربوط به تاریخ ۰۶-۰۷-۲۰۱۶ میلادی) به عنوان داده اصلی پردازش استفاده شده است. نرم‌افزارهای مورد استفاده در پردازش تصاویر شامل ENVI 5.1، PCI Geomatica 2016-SP1، Arc Gis 10.3 و Ilwis 3.4 می‌باشد. تهیه نقشه‌های خطواره‌های ساختاری و استخراج داده‌های آماری نیز در نرم‌افزارهای Arc Gis 10.3 و Rock work 2016 انجام گرفته است.

۳-۲- روش آنالیز ساختاری

در این مطالعه تهیه نقشه ساختاری نهایی میدان نفتی، بر اساس روش Stearns et al, 1972 و Aydin & pollard, 1988 انجام گرفته است که بر این اساس شکستگی‌ها به چهار دسته SO1، SX، SA و SO2 تقسیم‌بندی می‌شوند. از این رو شکستگی‌ها و گسل‌هایی که در محدوده چین خوردگی‌ها واقع شده‌اند شناسایی و بر اساس داده‌های ساختاری شامل توزیع فضایی، جهت‌گیری، طول، و اطلاعات آماری هر یک از مجموعه شکستگی‌ها، تجزیه و تحلیل می‌شوند. شکستگی‌های داخلی چین‌ها (SA): گروهی از شکستگی‌هایی هستند که موازی سطح محوری چین خوردگی‌ها است. این شکستگی‌های محوری معمولاً همراه با کشش در ناحیه لولای تاقدیس‌ها بوده و در مجموعه کوه‌های زاگرس توسط گسل‌های نرمال شکل گرفته‌اند. مجموعه متقاطع محوری (SX): گروهی از شکستگی‌هایی هستند که در جهت عمود بر سطح محوری تاقدیس‌ها می‌باشند. این شکستگی‌ها در یک چین‌پلاتژدار نشان‌دهنده شکستگی‌های کششی هستند که عمود بر مؤلفه حداقل تنش و یا موازی مؤلفه حداکثر تنش فشارشی (Aydin & pollard, 1988, Stearn) σ_1 (et al, 1972) می‌باشند. شکستگی‌های مورب و برشی (SO1) و (SO2): دو مجموعه از شکستگی‌های مورب و برشی (SO1) و (SO2) مرتبط با چین‌ها نسبت به مجموعه کششی SX که با

جدول ۱. فاکتور شاخص بهینه محاسبه شده برای ایجاد بهترین ترکیب رنگی (RGB) تصویر ماهواره‌ای محدوده مورد مطالعه. محاسبه شده در نرم‌افزار Ilwis.

OIF Index High Ranking				
Number	B	G	R	RGB (%)
1	B1	B5	B6	89.84
2	B1	B4	B6	85.27
3	B2	B5	B6	85.09
4	B1	B4	B5	84.53
5	B1	B2	B6	81.36



شکل ۳. تصویر رنگی نهایی با ترکیب باندهی (RGB) ۶-۵-۱، بعد از اجرای پردازش‌های بصری (افزایش قدرت طیفی و مکانی) در نرم افزار ENVI. محدوده مورد مطالعه با خط چین قرمز مشخص شده است.

خطواره‌های عمود بر راستای تابش خورشید، به‌طرز بهتری نمایان می‌شوند، لذا یکی از روش‌های سودمند برای بارزسازی سیمای خطی سیستم‌های گسلش - شکستگی، استفاده از فیلترهای جهتی (Directional) است (ظاهر کیا، ۱۳۷۵)، (شهریاری و همکاران، ۱۳۸۶).

۳-۱-۳ پردازش‌های تصویری جهت شناسایی و استخراج خطواره‌های زمین‌ساختی

روش نیمه اتوماتیک: در این روش در نرم‌افزار ENVI روی تصویر ماهواره‌ای فیلترگذاری‌های مکانی، به‌دلیل اینکه این الگوریتم مختص شناسایی خطواره‌ها طراحی شده است و قدرت بارزسازی بیشتری نسبت به سایر فیلترها دارد (Harpreet Kaur & Lakhwinder Kaur, 2012)، و شامل فیلترهای بالاگذر، پایین‌گذر، فیلتر تشخیص لبه است را اجرا کرده و از تصاویر حاصله شناسایی و استخراج خطواره‌ها انجام گرفته است. در جدول (۲)، چهار هسته آشکار کننده لبه آورده شده است.

فیلترگذاری مکانی: فیلترها با از بین بردن طیف معینی از پیکسل‌ها، و یا از بین بردن فراوانی برخی پیکسل‌ها، موجب واضح شدن عوارض در تصاویر می‌شوند که معمولاً برای واضح کردن جزئیات مکانی و به منظور تفسیر بهتر داده‌های ماهواره‌ای به کار می‌روند (شهریاری و همکاران، ۱۳۸۶)، و به سه گروه کلی تقسیم شده‌اند (Sabins, 1996): فیلترهای پایین‌گذر: که برای از بین بردن نوفه‌های تصویر و یکدست‌سازی آن استفاده می‌شود، فیلترهای بالاگذر: که برای افزایش مغایرت و یا برجسته کردن عوارض خطی نظیر راه‌ها و مرزهای آبی - خاکی، خطواره‌ها و غیره استفاده می‌شود، فیلترهای آشکارساز لبه: این فیلترها برای بارزسازی پدیده‌های خطی مانند جاده‌ها، رودخانه‌ها، گسل‌ها، شکستگی‌ها و خطواره‌هایی که در امتداد خاصی قرار دارند و غیره، طراحی شده‌اند. فیلترهای آشکارساز لبه، در زمین‌شناسی ساختاری به‌ویژه برای تشخیص خطواره‌های گسلی بسیار حائز اهمیت هستند. تکنیک فیلتر جهتی: از آنجا که در تصاویر ماهواره‌ای،

جدول ۲. ۴ هسته آشکار کننده فیلتر آشکارساز لبه.

آشکار ساز لبه‌های مورب			آشکارساز لبه‌های قائم						آشکار ساز افقی		
+	+	۰	۰	+	+	۰	۰	+	-	-	-
+	۰	-	-	۰	+	۰	۰	+	۰	۰	۰
۰	-	-	-	-	۰	۰	۰	+	+	+	+



و آن را STA، نامیده‌اند (علیپور و همکاران، ۱۳۸۹). در روش استخراج اتوماتیک، خطواره‌ها با استفاده از الگوریتم STA در نرم‌افزار PCI Geomatica به دست می‌آیند (Koike et al., 1995, 1998). در این روش خطواره‌ها از طریق الگوریتم Line Module که دارای ۶ پارامتر مختلف می‌باشد، در اندازه‌های مختلف شناسایی و استخراج می‌شود (Sarp, 2005). اطلاعات پارامتری استفاده شده در این مطالعه براساس این روش جهت استخراج اتوماتیک خطواره‌ها در جدول (۴) نمایش داده شده است.

جدول ۳. انواع فیلترهای جهت‌ی برای بارسازی فرایندهای مختلف خطواره‌ها در گستره مورد مطالعه.

N-S			E-W			NE-SW			NW-SE		
-1	0	1	-1	-2	-1	-2	-1	0	0	1	2
-2	0	2	0	0	0	-1	0	1	-1	0	1
-1	0	1	1	2	1	0	1	2	-2	-1	0

جدول ۴. اطلاعات پارامتری استفاده شده در این مطالعه بر اساس روش RAD: (sarp, 2005): STA = سایز فیلتر، GTHR = اختلاف طیفی در لبه‌ها، LTHR = حداقل طول خط، FTTHR = حداکثر خطای مجاز برای تولید منحنی از خطوط، ATHR = حداکثر زاویه مجاز بین قطعات یک خط، DTHR = حداقل فاصله بین نقاط انتهایی و کانتورها.

Parameters	Parameters values
Filter Radius(RADI)	10
Edge Gradient Threshold(GTHR)	50
Curve Length Threshold (LTHR)	30
Line Fitting Error Threshold(FTHR)	3
Angular Difference Threshold (ATHR)	15
Linking Distance Threshold(DTHR)	20

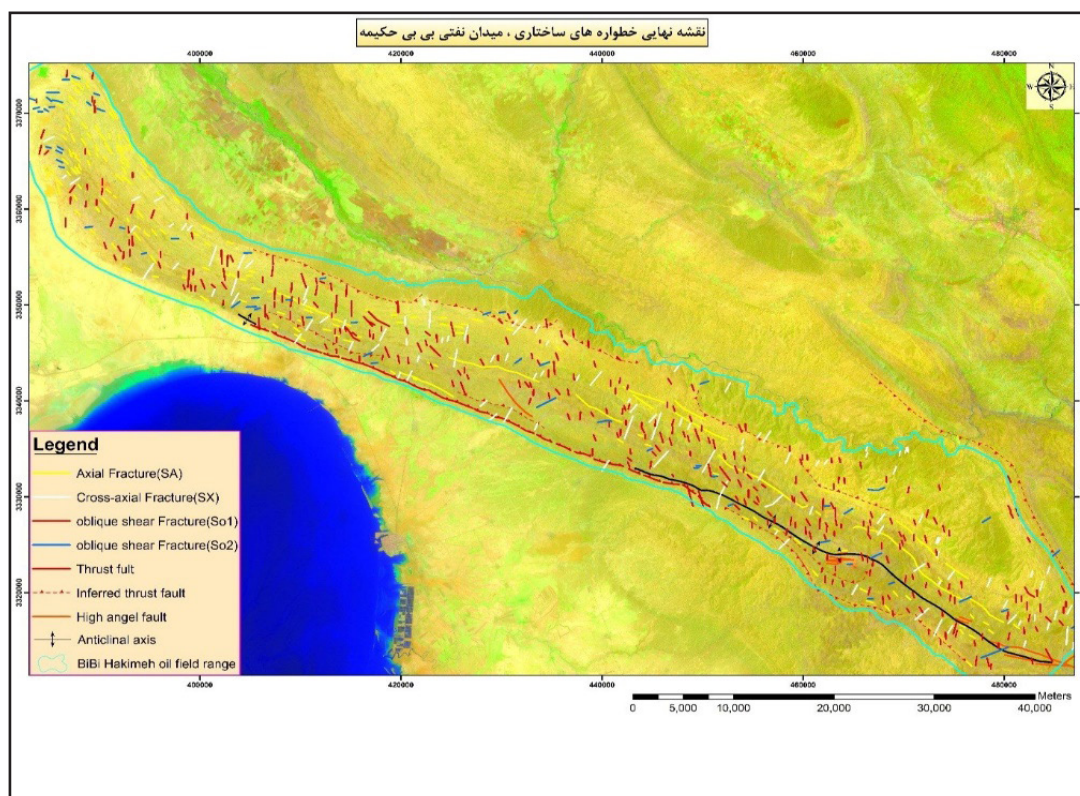
شناسایی شده با استفاده از دو روش شرح داده شده و حذف خطواره‌های تکتونیکی که هم‌پوشانی داشتند، نقشه خطواره‌های ساختاری نهایی برپایه روش (Stearns & Friedman, 1972)، برای میدان مورد بحث در این مطالعه تهیه شده که در شکل ۴ ارائه شده است. نقشه چگالی تراکم خطواره‌های ساختاری در شکل ۵ ارائه شده است. همچنین به منظور تجزیه و تحلیل دقیق آماری اطلاعات مربوط به خطواره‌های ساختاری شامل جدول هیستوگرام طولی، نمودار گل سرخی امتداد خطواره‌ها به همراه جدول اطلاعات آماری محاسبه شده برای میدان بی‌بی حکیمه، در شکل ۶ ارائه شده است. در نهایت درصد فراوانی هر مجموعه از شکستگی‌های تعیین شده بر اساس روش (Stearns & Friedman, 1972) در قالب هیستوگرام دایره‌ای تهیه شده است که در بخش تجزیه و تحلیل نقشه ساختاری نهایی میدان نشان داده شده است (شکل ۷). به منظور درک بهتر جهت‌گیری فضایی خطواره‌های ساختاری تفکیک شده، طرح شماتیکی وضعیت جهت‌گیری خطواره‌های ساختاری میدان نسبت به محور چین در قالب شکل (۸) و اطلاعات مربوطه در جدول (۵) تهیه و نمایش داده شده است.

روش اتوماتیک بر پایه الگوریتم STA: در این روش ابتدا در نرم‌افزار ENVI پارامترهای فیلترهای جهت‌ی (جدول ۳) را در ۴ جهت در تصویر اعمال کرده سپس تصاویر بدست‌آمده را وارد نرم‌افزار PCI Geomatica نموده و با به کارگیری الگوریتم STA، خطواره‌های زمین‌ساختی به صورت اتوماتیک شناسایی و استخراج شده است.

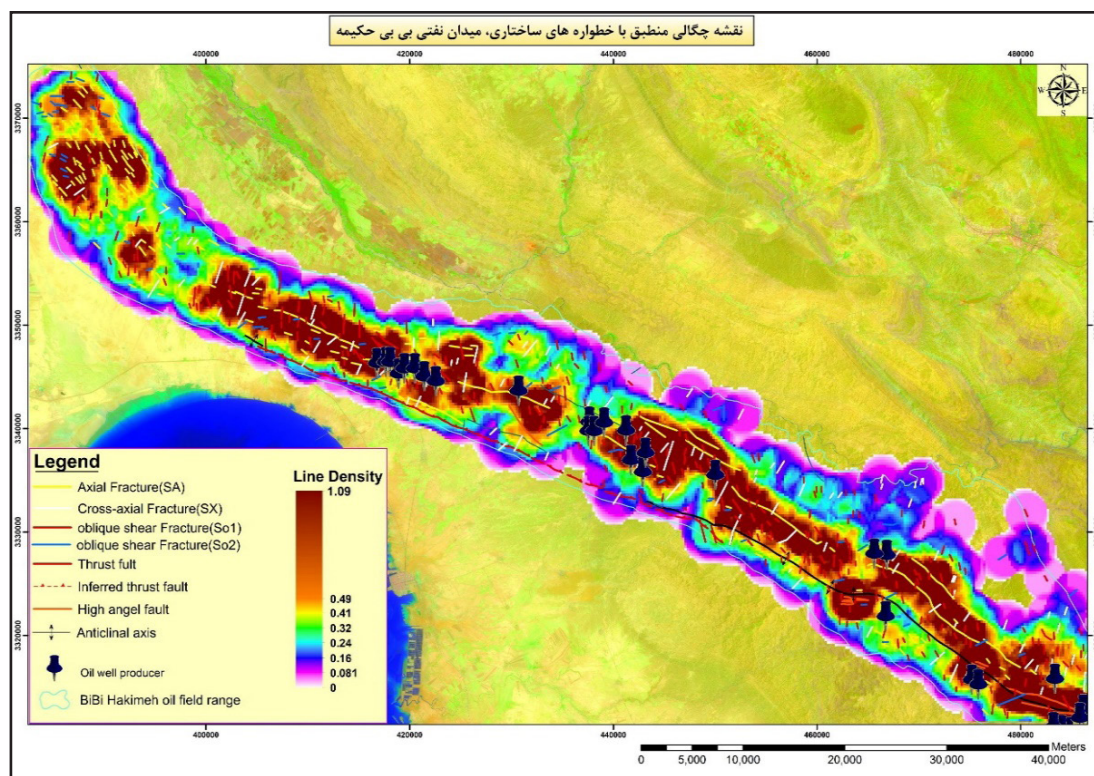
استخراج خطواره‌ها به روش اتوماتیک بر پایه الگوریتم STA: Koike et al., 1995، برای تعیین خطواره‌ها از تصاویر ماهواره‌ای، روشی جدید ارائه کرده

۴- نتایج حاصل از مطالعات سنجش از دور

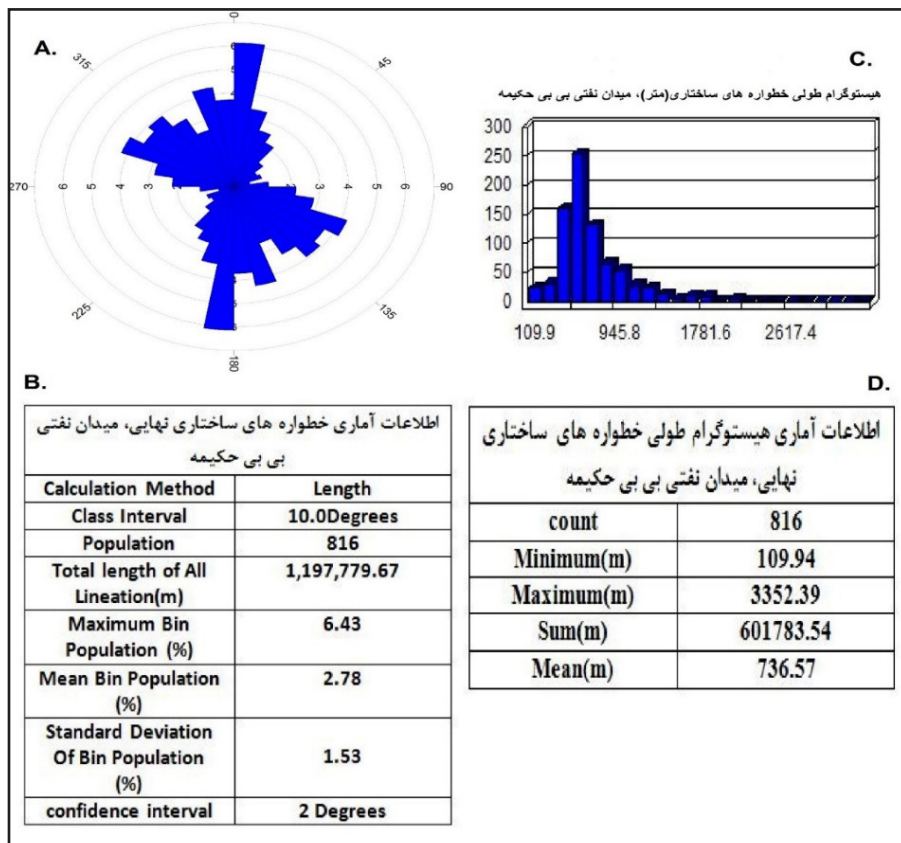
همانطور که در بخش مراحل کار (بخش ۳-۳) نیز به طور کامل شرح داده شده است، در روش نیمه اتوماتیک از سه فیلتر بالا و پایین‌گذر و آشکار ساز لبه استفاده شده است و نتایج بدست آمده از سه روش مذکور به دقت مورد تطبیق و بررسی قرار گرفته و مواردی که در قطعیت خطواره تکتونیکی بودن آن‌ها اطمینان حاصل شده است انتخاب و مشخص شده‌اند در ادامه خطواره‌های تکتونیکی که احتمال عدم شناسایی آنها وجود داشت با روش اتوماتیک شرح داده شده در بخش (۳-۳-۱)، نیز شناسایی شده در نهایت نتایج حاصل از دو روش با هم مورد تفسیر و بررسی قرار گرفته در آخر برای حصول اطمینان نهایی، خطواره‌های تکتونیکی نهایی به صورت آنلاین با نرم افزار Google Earth نیز مورد بررسی قرار گرفت (بصورت آنالوگ و چشمی) و نقشه خطواره‌های نهایی حاصل شد بنابراین مواردی از قبیل لایه‌بندی و خط‌القه‌ها در طی این مراحل ذکر شده از خطواره‌های تکتونیکی اصلی حذف شده و دقت استخراج خطواره‌های نهایی با اطمینان بسیار بالا صورت گرفته است. بعد از تلفیق نتایج حاصل از روش اتوماتیک و نیمه‌اتوماتیک و بررسی و کنترل نهایی خطواره‌های



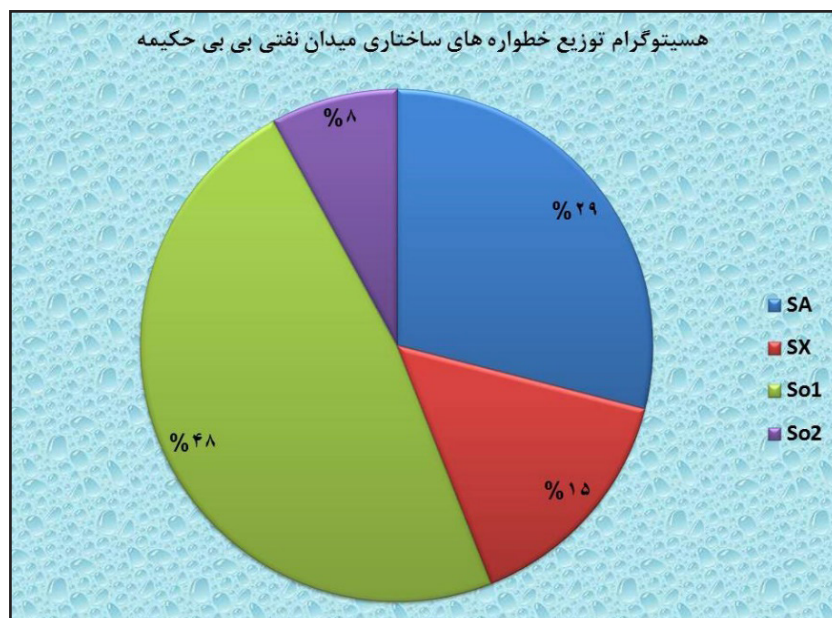
شکل ۴. نقشه نهایی خطواره ساختاری براساس تلفیق نتایج روش شناسایی اتوماتیک و نیمه‌اتوماتیک، میدان نفتی بی‌بی‌حکیمه، طراحی شده با نرم‌افزار Arc GIS.



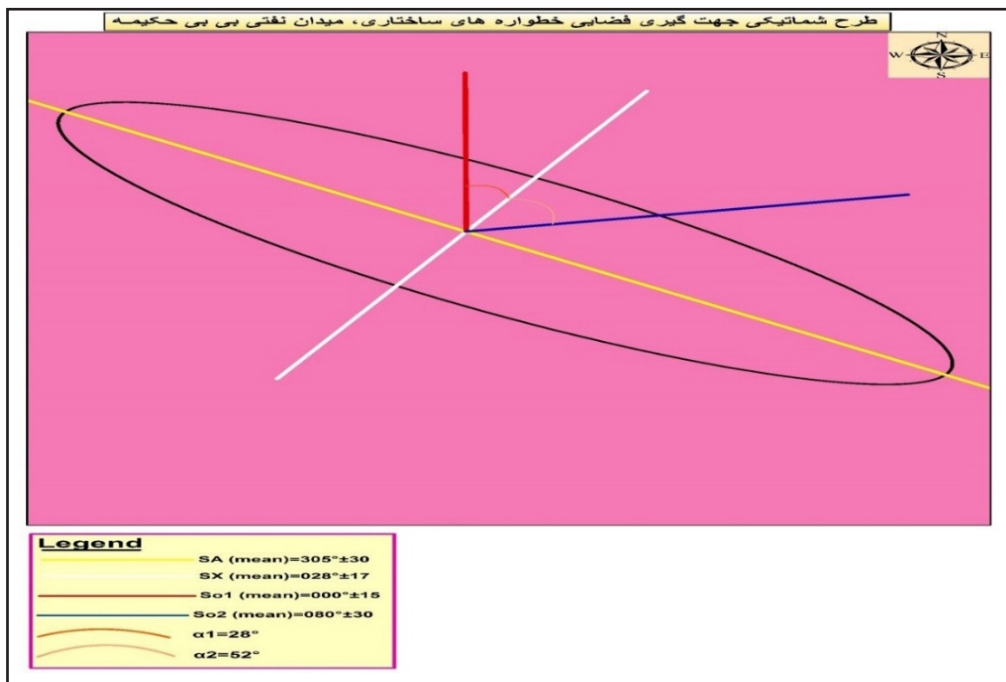
شکل ۵. نقشه چگالی نهایی خطواره‌های ساختاری، میدان نفتی بی‌بی‌حکیمه، طراحی شده با نرم‌افزار Arc GIS.



شکل ۶. اطلاعات آماری مربوط به نقشه ساختاری نهایی: A- نمودارهای گل سرخی توزیع فراوانی امتداد خطواره‌ها و سیستم‌های گسلش - شکستگی، B- اطلاعات آماری خطواره‌ها، C- هیستوگرام طولی خطواره‌ها، D- اطلاعات آماری هیستوگرام طولی. میدان نفتی بی‌بی حکیمه، محاسبه و تهیه شده در نرم افزار Rockwork.



شکل ۷. هیستوگرام دایره‌ای مربوط به خطواره‌های ساختاری نهایی میدان نفتی بی‌بی حکیمه. SA- مجموعه شکستگی‌های موازی سطح محور تاقدیس‌ها، SX- مجموعه شکستگی‌های متقاطع محوری (عمود بر محور)، SO1 و SO2 - مجموعه شکستگی‌های برشی و مورب.



شکل ۸. طرح شماتیکی وضعیت جهت گیری ۴ مجموعه شکستگی‌های (محوری SA، متقاطع محوری SX، و دو مجموعه برشی و مورب SO1 و SO2). α زاویه مابین شکستگی‌های مورب و متقاطع.

بیشترین درصد برخوردارند و شکستگی‌های مورب نوع SO2 دارای کمترین میزان می‌باشد (شکل ۸). براساس نقشه چگالی بدست آمده بیشترین تراکم خطواره‌ای در کمر بنده میانی چین از شرق تا غرب بموازات و در مجاورت چین دیده می‌شود و مرتبط با درزه‌های کششی در محور هستند، به سمت دامنه‌های تاقدیس تراکم به کمترین مقدار خود می‌رسد و نواحی شرقی و شمال شرقی تراکم متوسط را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل نیز مشخص شده است چاه‌های استخراجی تطابق بسیار خوبی با مناطق دارای تراکم بالا نشان می‌دهد (شکل ۶).

تعداد خطواره‌های نهایی در نقشه ساختاری نهایی میدان نفتی بی‌بی حکیمه شامل ۸۱۶ مورد با زاویه اطمینان ۲ درجه بدست آمده است (شکل ۷- B). براساس هیستوگرام طولی نهایی حاصل شده محدوده طولی خطواره‌های ساختاری ما بین ۱۰۹ متر تا ۳۳۵۳ متر می‌باشد که در این بین خطواره با طول ۷۳۶ متر از فراوانی بیشتری برخوردار است (شکل ۷- C و D). بر اساس نمودار دایره‌ای میدان نفتی بی‌بی حکیمه درصد فراوانی هر یک از مجموعه شکستگی‌های ساختاری، شکستگی‌های برشی (SO1) و شکستگی‌های موازی سطح محوری (SA) که به ترتیب دارای روند N-S و NW-SE از

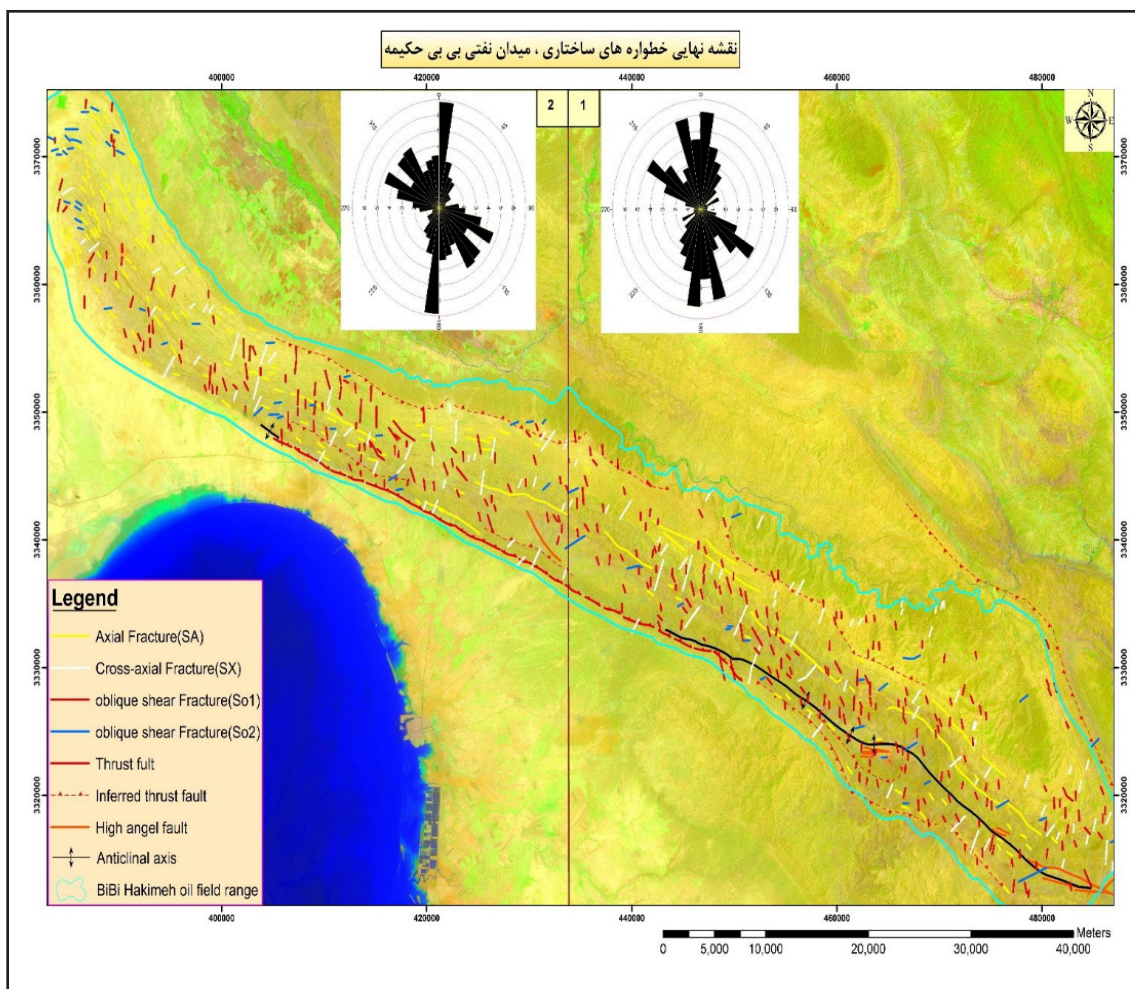
جدول ۵. محدوده و جهت گیری مجموعه شکستگی‌های مرتبط با چین خوردگی. N: تعداد کل شکستگی‌ها. $\alpha 1$ و $\alpha 2$ به ترتیب میانگین زاویه بین مجموعه شکستگی‌های SX با SO1 و SO2.

میدان نفتی	SA	SX	SO1	SO2	$\alpha 1$	2α	N
بی بی حکیمه	:Range 285-320	:Range 025-040	:Range 345-015	:Range 050-110	28	52	816
	:Mean 300±15	:Mean 030±10	:Mean 000±15	:Mean 080±30			

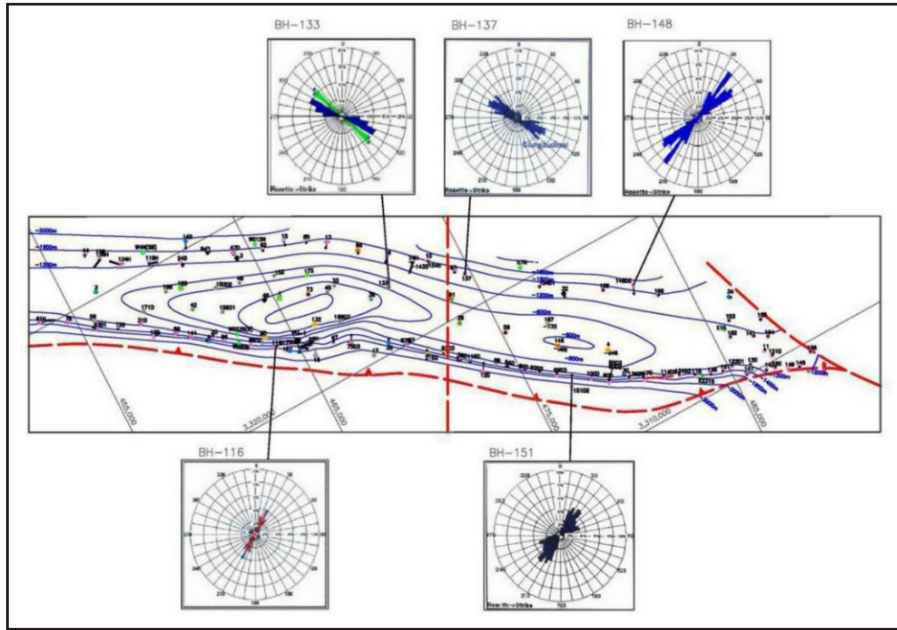
رسوبی، جهت جریان‌های قدیمی، لایه بندی و بافت کرناتی) و مقایسه رخمون‌ها و مغزه‌ها هستند (Abraham, 2005). در این بخش ابتدا میدان نفتی بی‌بی حکیمه به دو بخش شرقی و غربی تقسیم شده (شکل ۹) (به‌منظور بالا بردن همپوشانی با نقشه UGC MAP) و داده‌های آماری مربوط به خطواره‌های ساختاری نهایی حاصل از مطالعات سنجش از دور جداگانه برای هر بخش بدست آمده‌است (شکل ۱۱ و ۱۲). نقشه UGC MAP و داده‌های FMI مربوط به میدان نفتی که از شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب تهیه شده در ادامه ارائه شده است (شکل ۱۰، ۱۳، ۱۴).

۴-۱ بررسی نتایج بدست آمده از سنجش از دور با داده‌های FMI

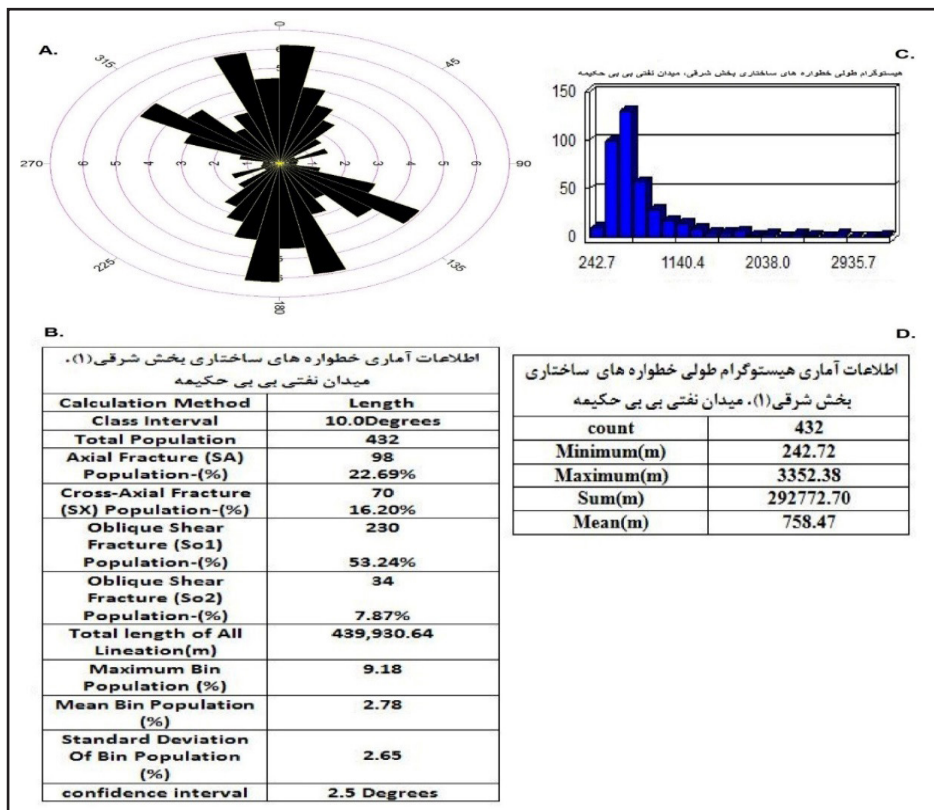
نمودارهای تصویرگر FMI که نسل دوم از دستگاه‌های تصویر برداری درون چاهی (Serra, 1989) هستند، امکان مشاهده پیوسته و جز به جز تغییرات عمودی و جانبی ویژگی‌های سازند را به گونه‌ای آشکار می‌سازند که مفسر می‌تواند جزئیات سازند را با دقت بالا مشاهده و مطالعه کند. لاگ‌های (Fullbore Formation Microimager) FMI دارای کاربردهای مخزنی بسیاری از جمله تفسیرهای زمین‌شناختی ساختاری (گسل‌ها، شیب ساختاری و شکستگی) و رسوبی (شیب



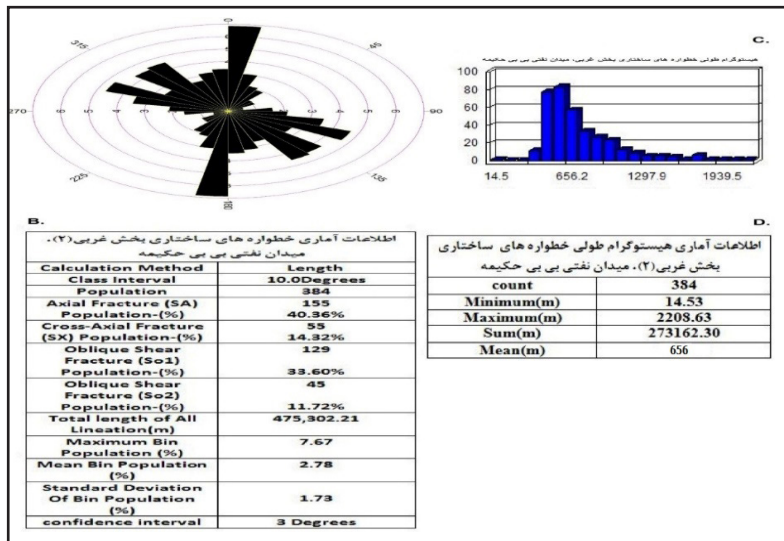
شکل ۹ نقشه ساختاری نهایی: (۱) بخش شرقی میدان، (۲) بخش غربی میدان، میدان نفتی بی‌بی حکیمه. رزداگرام‌ها مربوط به امتداد خطواره‌های ساختاری موجود در هر بخش.



شکل ۱۰. نقشه UGC Map میدان نفتی بی‌بی حکیمه. نمودارهای گسرخ‌انداز شکستگی‌ها در چاه‌های مربوطه را نشان می‌دهد (شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب).



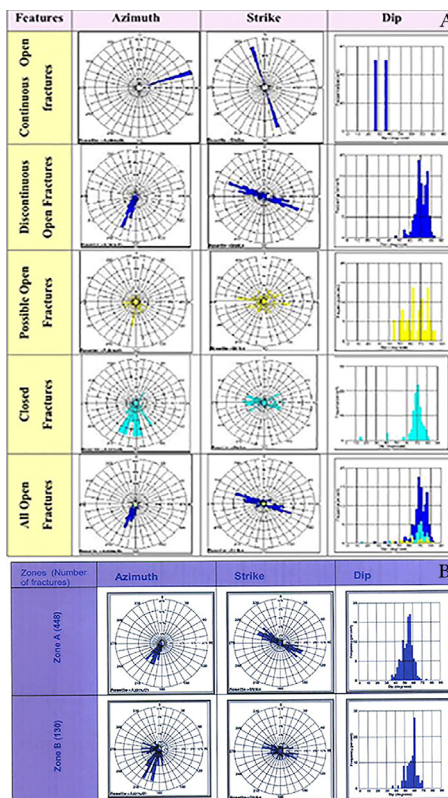
شکل ۱۱. اطلاعات آماری مربوط به نقشه ساختاری نهایی بخش شرقی: A- نمودارهای گل‌سرخ‌انداز توزیع فراوانی امتداد خطواره‌ها و سیستم‌های گسلس - شکستگی، B- اطاعات آماری خطواره‌ها، C- هیستوگرام طولی خطواره‌ها، D- اطلاعات آماری هیستوگرام طولی، میدان نفتی بی‌بی حکیمه، محاسبه و تهیه شده در نرم افزار Rockwork.



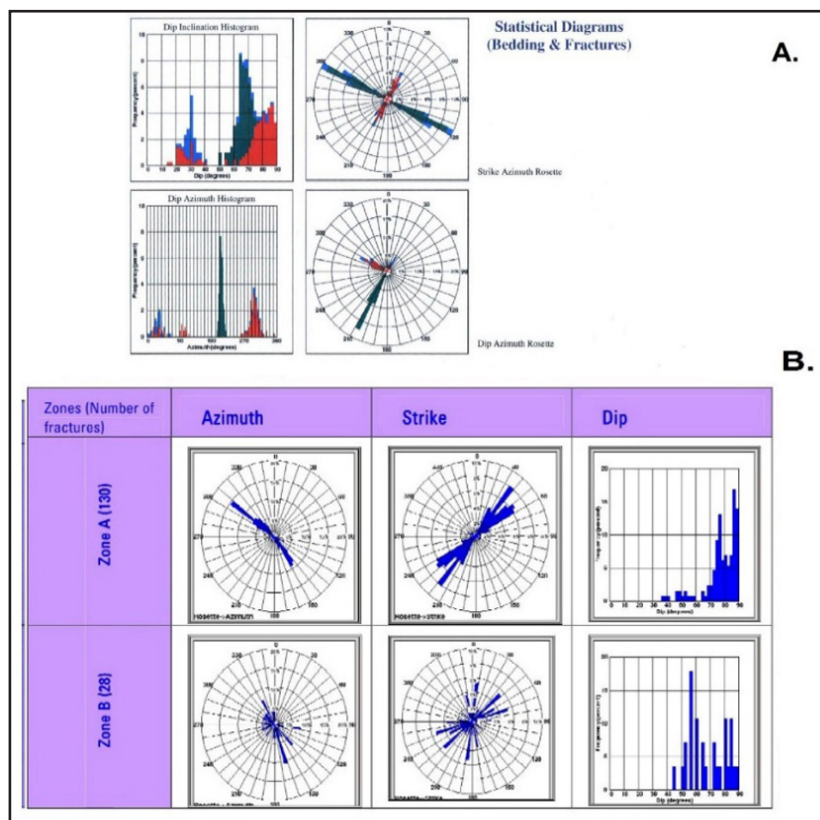
شکل ۱۲. اطلاعات آماری مربوط به نقشه ساختاری نهایی بخش غربی: A- نمودارهای گل سرخی توزیع فراوانی امتداد خطواره ها و سیستم های گسلش - شکستگی، B- اطاعات آماری خطواره ها، C- هیستوگرام طولی خطواره ها، D- اطلاعات آماری هیستوگرام طولی، میدان نفتی بی بی حکیمه، محاسبه و تهیه شده در نرم افزار Rockwork.

نمودار گل سرخی به نمایش در آمده است. اطلاعات جامع حاصل از تحلیل تصاویر FMI برای تعدادی از چاه های مذکور جهت مقایسه با نتایج بدست آمده از خطواره های ساختاری سطحی (شکل ۹) ارائه شده است (شکل های ۱۳، ۱۴).

نقشه UGC Map، شکل (۱۰) مربوط به میدان نفتی بی بی حکیمه در سازند آسماری می باشد. همانطور که در شکل مشخص شده است اطلاعات شکستگی های حاصل از تصاویر FMI، در چاه های شماره ۱۱۶، ۱۵۱، ۱۴۸، ۱۳۷، ۱۳۳ به صورت



شکل ۱۳. پراکندگی انواع شکستگی ها در نمودارهای گل سرخی و هیستوگرام ها و وضعیت آن ها نسبت به یکدیگر در سازند آسماری، A- چاه شماره ۱۳۳، B- چاه شماره ۱۳۷ میدان نفتی بی بی حکیمه (Akbari, 2000).



شکل ۱۴. پراکندگی انواع شکستگی‌ها در نمودارهای گلسرخ و هیستوگرام‌ها و وضعیت آن‌ها نسبت به یکدیگر در سازند آسماری، چاه شماره ۱۱۶ (Akbari, 2000)، چاه شماره ۱۴۸ میدان نفتی بی‌بی حکیمه (Akbari, 2000).

۵- بحث

که شکستگی‌ها در آن‌ها اندازه‌گیری و با عمق مقایسه شده است، اشاره کرد (شکستگی‌ها در سطح بر روی سازند آجاجاری و در عمق بر روی سازند آسماری قرار گرفته‌اند). بدیهی است شکستگی‌ها در طبیعت تکتونیکی هر منطقه بر مبنای سیستم تنش‌ها در هر محدوده توسعه یافته‌اند. برخی شکستگی‌ها و دسته درزه‌های سیستماتیک در یک ناحیه انتظار می‌رود به‌طور معمول در تمامی محل‌ها مشاهده شوند ولی شکستگی‌ها و دسته درزه‌های غیرسیستماتیک طبیعتاً به‌طور محلی وجود خواهند داشت. با این توضیح در محدوده یک چاه نیز شکستگی‌ها و دسته درزه‌های سیستماتیک ناحیه‌ای انتظار می‌رود به‌طور معمول قابل مشاهده باشند ولی شکستگی‌ها و دسته درزه‌های غیرسیستماتیک طبیعتاً به‌طور محلی در هر چاه متفاوت خواهند بود. در بخش شرقی میدان نتایج بدست آمده از خطوط‌های ساختاری، شکستگی‌های مورب SO1 و مقاطع محوری SX، بیشترین میزان تراکم را نشان می‌دهند. با توجه به شکل غالب شکستگی‌های NW-SE، SO1، NW-SE می‌باشد (A و B-11).

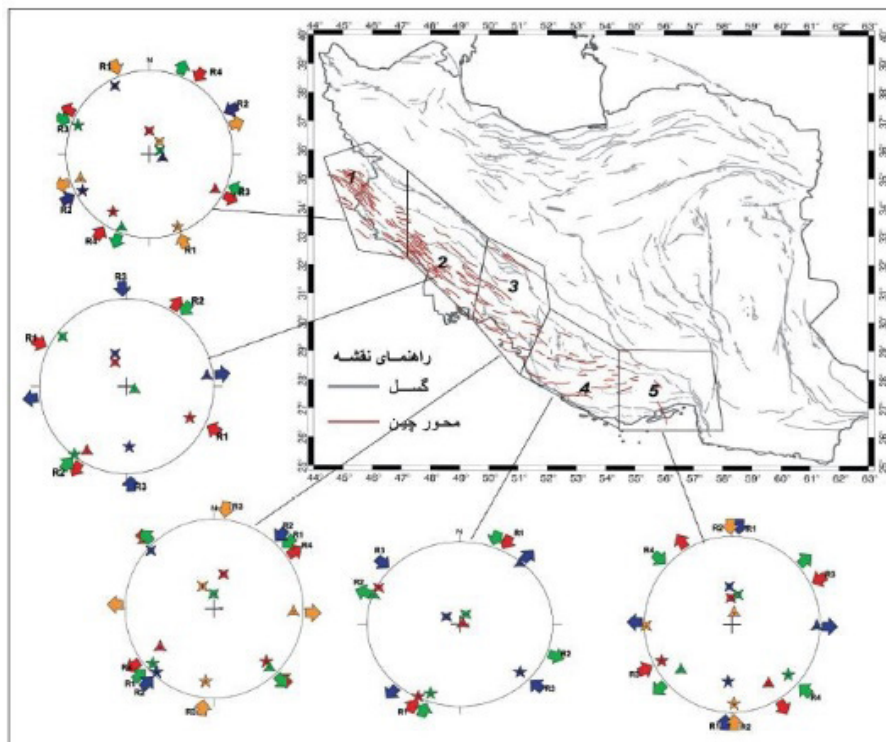
نتایج بدست آمده از خطوط‌های ساختاری در بخش غربی نشان دهنده میزان بالای شکستگی‌های SA و SO1 نسبت به بقیه شکستگی‌هاست. که این نشان دهنده روند غالب شکستگی‌ها، SW، در این بخش میدان می‌باشد (شکل ۱۲-B). پراکندگی طولی شکستگی‌ها بین ۱۵ متر تا ۲۲۰۸ و مقدار ۶۵۵ متر دارای فراوانی بیشتری می‌باشد (شکل ۱۲-C و D). در داده‌های حاصل از پراکندگی شکستگی‌ها مربوط به چاه‌های مشخص شده در بخش غربی میدان بی‌بی حکیمه (چاه‌های شماره ۱۳۳ و ۱۱۶) مطابق شکل A-13 و A-14، برای شکستگی‌های تقسیم بندی شده روند غالب NW-SE را نشان می‌دهد. در بخش غربی روند غالب شکستگی‌ها SW نشان داده ولی در داده‌های FMI درون چاهی روند غالب NW-SE نشان می‌دهد، از این رو جهت‌گیری شکستگی‌ها در سطح زمین با عمق انطباق چندانی نشان نمی‌دهد که از علل این امر می‌توان به تفاوت‌های مکانیکی سنگ‌های سازندهایی



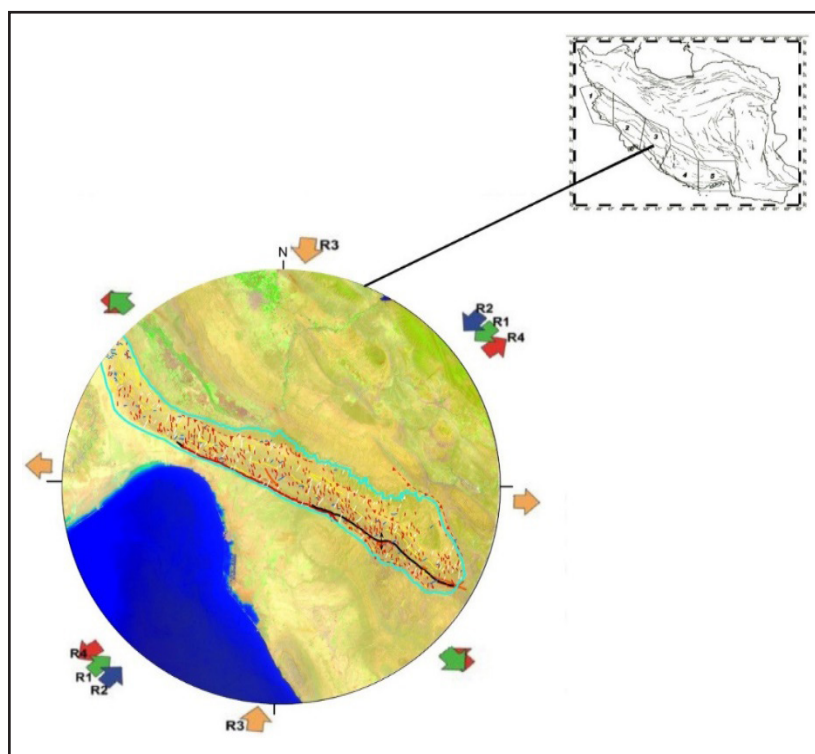
چین از نوع باز می‌باشد. با توجه به نقشه‌های زیرزمینی موجود یک گسل با روند شمال غرب - جنوب شرقی در یال جنوبی این چین قرار داشته که این گسل از نوع پیش راندگی می‌باشد. یک شاخه گسلی از سمت شرقی گسل اصلی راندگی با روند شمال - شمال غرب منشعب شده که احتمالاً یک Tear Fault یا Lateral ramp می‌باشد. دو شاخه گسلی کوچک به صورت عرضی با روند شمال شرق - جنوب غرب، پلانژ شمال غربی این میدان را تحت تأثیر قرار داده است. کارهای انجام شده توسط زمانی و همکاران، ۱۳۹۴ و Navabpour et al, 2007 و ۲۰۱۰ سوگیری تنش‌های تکتونیکی در زاگرس را مشخص نموده است. زمانی و همکاران، (۱۳۹۴) زون زاگرس را به ۵ پهنه از نظر تنش‌های امروزی حاکم تقسیم کرده‌اند که مشخص شده است (شکل ۷) در محدوده مطالعاتی در این پژوهش (پهنه ۳ در شکل ۷) چهار سیستم تنش تکتونیکی عمل می‌کند که رژیم تنش دوم بصورت فشارشی و باروند ۲۲۲ N و بصورت افقی عمود بر چین‌ها و گسل‌های غالب محدوده مطالعاتی است و عامل اصلی شکل‌گیری و توسعه آن‌ها محسوب می‌شود. سه رژیم تنش دیگر از نوع امتداد لغز بوده و مؤلفه فشاری سیستم تنش اول (با روند ۲۲۸N) عمود بر سیستم ساختارهای چین و راندگی در محدوده مطالعاتی است (شکل ۱۵ و ۱۶). وجود گسل‌های مهم و متعدد در این بخش از ایران که شاخص‌ترین آن‌ها گسل راندگی اصلی زاگرس (MZFR) می‌باشد و توسعه راندگی‌ها بصورت همسو با محور چین‌ها در کمر بند رانده - چین خورده زاگرس و چین‌های در ارتباط با گسل از عوامل اصلی شکل‌گیری و گسترش این سیستم‌های گسلش - شکستگی در این بخش از زاگرس می‌باشد. البته باید توجه داشت که ارتباط دادن همه شکستگی‌ها با تنش‌های امروزی مناسب نیست و بخشی از شکستگی‌های قدیمی با تنش‌های امروزی دوباره فعال یا تکوین یافته و چین‌ها در خلال دگرشکلی بعد از میوسن بوجود آمده شکستگی‌ها نیز همراه با آنها تکوین یافته‌اند. بر این اساس تنش‌های امروزی تحلیل شده از زلزله‌ها که مربوط به یک صد سال گذشته هستند مسئول دگرریختی و تکوین بخش مهمی از شکستگی‌هایی هستند که چه قدیمی و چه جوان همگی تحت جدیدترین تنش حاکم (که تنش‌های امروزی تحلیل شده از زلزله‌ها است) دوباره شکل یافته و خود را با تنش جوان تطبیق داده‌اند.

پراکندگی طولی شکستگی‌ها بین ۲۴۲ متر تا ۳۳۵۲ متر دارای فراوانی بیشتری می‌باشد (شکل ۱۱ - D و C). روند شکستگی‌های ثبت شده در چاه شماره ۱۳۷ (مطابق شکل ۱۳-B)، که در بخش شرقی میدان قرار دارد نیز روند غالب NW-SE را نشان می‌دهد. همچنین روند غالب ثبت شده برای شکستگی‌های در چاه شماره ۱۴۸ (مطابق شکل ۱۴-B) راستای NE-SW را نشان می‌دهد که با نتایج بدست آمده از مطالعات سنجش از دور بخش شرقی مطابقت دارد. بنابراین بررسی روند شکستگی‌های داده‌های درون چاهی در بخش شرقی با نتایج بدست آمده از نتایج سنجش از دور مطابقت کامل را نشان می‌دهد. بنابراین پیشنهاد حفر چاه اکتشافی در بخش شرقی و در بخش‌های با تراکم شکستگی بالای بدست آمده از بررسی‌های سنجش از دور داده می‌شود.

تاقدیس‌های موجود در فروافتادگی دزفول براساس کاوش‌های لرزه‌ای، غالباً در قسمت‌های ستیغی و نیز یال‌های شمالی، کم و بیش به خوبی مشخص و منظم می‌باشند یا اینکه از دیدگاه‌های ژئوفیزیکی دارای ابهامات کمتری هستند، اما یال جنوبی تاقدیس‌های این منطقه دارای ابهامات و بهم ریختگی‌های فراوانی می‌باشد (کیانی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵). برای توجیه این بهم ریختگی‌ها محققین از جمله مطیعی (۱۳۷۵)، دو فرضیه بیان می‌دارند، یکی اینکه در این نواحی شیب یال‌های جنوبی زیاد تا حالت قائم و برگشته باشد بدون آنکه راندگی آن یال‌ها را قطع کرده باشد و دیگری اینکه ممکن است ساختمان تاقدیس در امتداد یال‌های جنوبی شکسته شده باشد که در این صورت با وجود گسل‌های راندگی این پدیده توضیح داده می‌شود ولی آنچه که غالب ژئوفیزیکدانان برای آشفتگی یال‌های جنوبی مورد قبول می‌دانند، حالت دوم، پذیرش وجود شکستگی و گسل راندگی در یال جنوبی می‌باشد (Mitra, 1990). براساس گزارش منتشره توسط شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب (سراج، ۱۳۸۷) وضعیت ساختاری تاقدیس میادین بدین شرح است: ۱- میدان بی‌بی حکیمه در افق آسماری به صورت یک چین با میل دوسویه (Double plunge)، نامتقارن، با ناحیه لولانی بوده که نشان دهنده یک چرخش راست گرد (S شکل) در ناحیه مرکزی میدان می‌باشد. زاویه بین یالی این چین به طور متوسط حدوداً ۱۰۰° می‌باشد که در نتیجه این



شکل ۱۵. وضعیت تنش‌های تکتونیکی امروزی زاگرس. برگرفته از زمانی و همکاران، ۱۳۹۴.



شکل ۱۶. دایره تنش نوزمین‌ساختی در ناحیه زاگرس، منطبق بر محدوده مورد مطالعه، R1 و R2 و R3 تنش فشارش اصلی و R4 تنش فشارش پادساعتگرد (برگرفته و تغییر یافته از زمانی و همکاران، ۲۰۱۴).



۶- نتیجه گیری

با توجه به مباحث ذکر شده می توان نتایج حاصل را در قالب موارد زیر بیان نمود:

۱- در میدان بی بی حکیمه براساس هیستوگرام دایره ای درصد فراوانی مجموعه شکستگی های ساختاری، شکستگی های برشی (SO1) و شکستگی های موازی سطح محوری از بیشترین درصد برخوردارند.

۲- براساس نقشه چگالی بدست آمده بیشترین تراکم خطواره ای در کمر بند میانی چین از شرق تا غرب بموازات و در مجاورت چین دیده می شود و مرتبط با درزه های کششی در محور هستند.

۳- به سمت دامنه های تاقدیس تراکم به کمترین مقدار خود می رسد و نواحی شرقی و شمال شرقی تراکم متوسط را نشان می دهد.

۴- در بررسی کنترل موقعیت چاه های استخراجی در میدان نفتی بی بی حکیمه، با بررسی نقشه چگالی ساختاری نهایی میدان، چاه های مذکور اغلب در مناطق دارای بیشترین تراکم شکستگی قرار دارند.

۵- مقایسه نتایج لاگ FMI چهار چاه بررسی شده در میدان نفتی بی بی حکیمه با نتایج بدست آمده از نتایج سنجش از دور نشان می دهد که در بخش غربی روند غالب شکستگی ها SW است ولی در داده های FMI درون چاهی روند غالب NW-SE است، از این رو جهت گیری شکستگی ها در سطح زمین با عمق انطباق چندانی نشان نمی دهد که از دلایل این امر می تواند تفاوت های مکانیکی سنگ های سازنده ای که شکستگی ها در آن ها اندازه گیری و با عمق مقایسه شده باشد (شکستگی ها در سطح بر روی سازند آجاجاری و در عمق بر روی سازند آسماری قرار گرفته اند). علاوه بر رتولوژی سنگ ها باید اضافه کرد که شکستگی ها در طبیعت تکنونیک هر منطقه بر مبنای تأثیر سیستم تنش ها در آن ناحیه توسعه یافته اند. برخی شکستگی ها و دسته درزه های سیستماتیک در یک ناحیه انتظار می رود به طور معمول در تمامی محل ها و تا حدودی شبیه با هم مشاهده شوند ولی شکستگی ها و دسته درزه های غیر سیستماتیک طبیعتاً به طور محلی و متفاوت در هر محل وجود خواهند داشت.

با این توضیح در محدوده شرقی و غربی تاقدیس نیز شکستگی ها و دسته درزه های سیستماتیک ناحیه ای انتظار می رود به طور معمول قابل مشاهده باشند و انطباق سطح و عمق وجود در شرق نیز به همین دلیل وجود دارد. ولی شکستگی ها و دسته درزه های

غیر سیستماتیک طبیعتاً به طور محلی در بخش غربی تاقدیس تفاوت ایجاد کرده اند.

۶- بررسی روند شکستگی های داده های درون چاهی در بخش شرقی با نتایج بدست آمده از نتایج سنجش از دور مطابقت کامل را نشان می دهد، بنابراین پیشنهاد می شود مطالعاتی جهت توسعه چاه های استخراجی و نیز مکان یابی برای حفر چاه های اکتشافی جدید در بخش شرقی و در بخش های با تراکم شکستگی بالای حاصل از این پژوهش، صورت گیرد.

۷- تحلیل و مقایسه نتایج FMI با نتایج بررسی های دور سنجی و تعیین محل تمرکز شکستگی ها با این روش و انطباق این محل های تمرکز با محل چاه های استخراجی امروزی نشان از صحیح بودن نتایج به عنوان شاهد برای روش دارد.

۸- رژیم تنش فشارشی با روند ۲۲۲ N و بصورت افقی، عمود بر چین ها و گسل های غالب محدوده مطالعاتی است و عامل اصلی شکل گیری و توسعه آن ها محسوب می شود. سه رژیم تنش محلی دیگر در منطقه از نوع امتداد لغز بوده و مؤلفه فشاری سیستم تنش اول (با روند 228N) عمود بر سیستم ساختارهای چین و راندگی در محدوده مطالعاتی است.

همچنین بخشی از شکستگی های قدیمی با تنش های امروزی دوباره فعال یا تکوین یافته اند و چین ها نیز در خلال دگرشکلی بعد از میوسن بوجود آمده و شکستگی ها نیز همراه با آن ها تکوین یافته اند. بر این اساس تنش های امروزی تحلیل شده از زلزله ها که مربوط به یک صد سال گذشته هستند مسئول دگرریختی و تکوین بخش مهمی از شکستگی های هستند که چه قدیمی و چه جوان همگی تحت جدیدترین تنش حاکم (که تنش های امروزی تحلیل شده از زلزله ها است) دوباره شکل یافته و خود را با تنش جوان تطبیق داده اند. این تنش ها بر مبنای رتولوژی متفاوت سنگ ها و نوع ساختار (گونه چین و شکستگی های از پیش موجود) در بخش های مختلف چین موجب توسعه و تکوین متفاوت شکستگی ها و گسل های غیر سیستماتیک خواهد شد که خود موجب ایجاد تفاوت ها در سطح و عمق می گردد.

قدردانی

این پژوهش با همکاری شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب و با حمایت دانشگاه تبریز انجام گرفته است که به این نحو از مسئولین مربوطه تشکر و قدردانی می شود.





منابع

- جنوب لرستان و مقایسه آن با برداشت‌های صحرائی، مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، شماره ۷۷، صفحه ۱۷۳ تا ۱۸۴.
- ❖ کیانی زاده، ن.، زمانی قره‌چمنی، ب.، کدخدائی ع.، طالبی ح.، ۱۳۹۵. مدل سازی ساختاری و برآورد تنش‌های تکنیکی میدان نفتی لالی در فروفادگی دزفول، نشریه علمی-پژوهشی زمین‌شناسی نفت ایران، سال ششم، شماره ۱۲، صفحه ۱ تا ۲۱.
- ❖ مطیعی، ه.، زمین‌شناسی ایران، چینه‌شناسی زاگرس، ۱۳۷۲. چاپ دوم، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات کشور.
- ❖ مطیعی، ه.، زمین‌شناسی ایران، زمین‌شناسی نفت زاگرس، ۱۳۷۵. چاپ اول، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.
- ❖ میرلوی موسوی، م. ح.، زمانی قره‌چمنی، ب.، مصباحی، ف.، بررسی ساختارهای شکنا در میدان نفتی بی‌بی حکیمه با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و تأثیر تنش نوزمین‌ساختی، دهمین همایش ملی زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور، تبریز، ۱۳۹۶.
- ❖ زمانی قره‌چمنی، ب.، کیانی زاده، ن.، پرهیزکاری، ح.، ۱۳۹۴. تحلیل وضعیت تنش نوزمین‌ساختی کوهزاد زاگرس و جدایش رژیم‌های تنش با داده‌های زمین‌لرزه، مجله علوم زمین، شماره ۹۵، صفحه ۲۱۹ تا ۲۳۰.
- ❖ شهریاری، س.، عزیززاده، م.، شایان، س.، سجادیان، و.، ۱۳۸۶. کارایی مطالعات سنجش از دور در مدل‌سازی مخازن هیدروکربوری گستره جنوب‌باختری ایران: مطالعه موردی از سازند آسماری، فصل‌نامه مدرس علوم انسانی، ویژه‌نامه جغرافیا. دوره ۱۱، (پیاپی ۵۳)، صفحه ۱۸۳ تا ۲۱۴.
- ❖ طاهرکیا، ح.، اصول و کاربرد سنجش از دور، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه تهران، ۴۹۳ صفحه، ۱۳۷۵.
- ❖ علی‌پور، ر.، پور کرمانی، م.، زارع، م.، اسپندار، ر.، ۱۳۸۹. استخراج اتوماتیک خطواره‌های مرتبط با زون گسلی جوان اصلی زاگرس در
- Alavi, M., 2007. Structures of the Zagros Fold-Thrust Belt in IRAN, American Journal of Science., 307, 1064-1095.
- Allen, M.B., and Armstrong, H.A., 2008. Arabia-Eurasia collision and the forcing of mid Cenozoic global cooling: Palaeogeography, Palaeoclimatology Palaeoecology., 265, 52-58.
- Jolivet, L. and Faccenna, C., 2000. Mediterranean extension and the Africa- Eurasia collision: Tectonics., 19, 1095-1106.
- Bahroudi, A. and Koyi, H. A. 2004. Tectono-sedimentary framework of Gachsaran formation in the Zagros foreland basin, Journal of Marine and Petroleum Geology., 21, 1295-1395.

Reference:

Comparison of the surface and depth fracture densities in the Bibi Hakimeh Oilfield by using remote sensing and FMI data

M.H. Mirloyeh mousavi^{1*}, B. Zamani Gharechamani², F. Mesbahi³, A. Kadkhodaie⁴, H. Alizade⁵

1-M.Sc., Department of Earth Sciences, Faculty of Natural Sciences, Tabriz University, Iran

2-Associate Professor, Department of Earth Sciences, Faculty of Natural Sciences, Tabriz University, Iran.

3- Assistant Professor, Department of Earth Sciences, Faculty of Natural Sciences, Tabriz University, Iran.

4- Associate Professor, Department of Earth Sciences, University of Tabriz- Department of Petroleum Engineering Curtin University of Australia.

5- M.Sc., National Iranian South Oilfields Company, Ahvaz, Iran



Abstract:

The study of the fracture systems and their spatial extensions can help in developing oilfields, reducing the costs of exploration and improving overall understanding of the hydrocarbon reservoir systems. In this study, using different tools such as Landsat OLI-8 satellite imagery, remote sensing techniques, by Geomatica and Rockwork softwares, the structural lineaments map of the Bibi Hakimeh oil field (Surface fractures of the field in Aghajari Formation), is prepared and compared by the data obtained from FMI logs (In Asmari Formation). According to the circular diagram, in Bibi Hakimeh oil field the shear fractures (SO1) and surface axial parallel fractures (SX) have the highest percentages. According to the density map, the highest lineation densities have been seen in the middle belt of the fold from the east to the west, adjacent to the axis of the fold, that are related to the tensile joints in the axis. According to studies on the density map, extraction oil wells in the Bibi Hakimeh oilfield, mainly found in the areas with the highest fracture density. Comparison between the results of the fracture process of FMI 4 logs related to Bibi Hakimeh oilfield with the results of structural studies in this study shows that the trend of fractures in FMI data in the East part are completely compatible with the results of remote sensing studies. Therefore, studies are proposed to develop extraction wells and location for the exploration of new exploratory wells in the east and in sections with high fracture density obtained in this study.

Keywords: Fracture, Remote sensing, FMI, Oilfield, Bibi Hakimeh.